HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	5. 大地震によって誘発された噴火
Author(s)	横山, 泉
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 25, 129-139
Issue Date	1971-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.25.129
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13994
Type	departmental bulletin paper
File Information	25_p129-139.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

5. 大地震によって誘発された噴火

横　山　　泉
(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和45年10月受理 —

1. はじめに

大地震によって，ある火山の活動が誘発され，場合によってはこれが噴火にいたったと指摘された例は今までにもあった。最近の器械観測による例を考慮して，過去の例を改めて総覧することは，現段階では意味のあることと考えられる。

地震および噴火の起り方にはいろいろな相互的様式がある。地震同志については，大地震の続発，噴火同志では大噴火の誘発，地震と噴火との間では，地震に誘発される噴火および噴火に誘発される地震（いわゆる火山性地震は除く）が考えられる。大地震とは規模 $M \geqq 7$ と定義されるが，ここでは場合によっては $M \geqq 5$，すなわち大，中地震を大地震と総称する。

大地震の続発については，松沢[1]の議論があり，続発地震の間に発生論的（原因論的）つながりを推定し，そのからくりを“地震の場の論”から説明を試みた。すなわち，続発地震は相互にエネルギー源で直接つながっているのではなく，地殻中の応力を通して作用するものと考えている。また Mogi[2] は，大地震の大規模な系統的移動の確実な例を挙げ，そのからくりは応力波のゆるやかな伝播のような力学的な過程であろうとしている。

大噴火同志の誘発については，現在まではっきり指摘された例は少いが，距離的に近い火山が，短い時間間隔で噴火を続発した例はある。こういう場合，その火山群が活動を始めたとも考えられた。その例を挙げると次のようである：

磐　梯　山　(37.6°N, 140.1°E, 1819 m a.s.l.)　1888年7月15日噴火 (○ ↑ ⇝ ⊠ †)

安達太郎山　(37.6°N, 140.3°E, 1718 m a.s.l.)　1899年8月24日および11月11日噴火 (⊛ ↑)

吾　妻　山　(37.7°N, 140.2°E, 1975 m a.s.l.)　1893年5月19日および6月4～7日噴火 (↑ or ↑)

これら3火山は一辺約20 km の三角形の頂点に位置して，それぞれの歴史時代の噴火回数からすると，前後11年の間に，3火山の噴火が発生したことは偶然とは考えられない。

駒　ケ　岳　(42.1°N, 140.7°E, 1140 m a.s.l.)　1905年8月17日及び9月噴火 (○ ↑ ⇝)

樽　　前　(42.7°N, 141.4°E, 1024 m a.s.l.)　1909年1月～5月噴火 (○ ↑ ⌓)

有　　珠　(42.5°N, 140.8°E, 725 m a.s.l.)　1910年7月15日～10月噴火 (∞ ↑ ⇝)

---

1) 松沢武雄；大地震の続発，東京家政学院大学紀要，第8号 (1968), 87-98.

2) K. Mogi; Migration of seismic activity, Bull. Earthq. Res. Inst., **46** (1968), 53-74.

駒ケ岳と樽前との距離は約 100 km，樽前と有珠との距離は約 50 km である。大森房吉[3]は，これら3火山の噴火と共に，1908年4月20日～5月下旬におこった礼文島付近の海底での鳴動，地震，および1910年9月8日の天塩鬼鹿沖の地震 (M=5.9) を含めて，礼文島から北海道南西部にいたる地帯の地震と噴火活動とが活発化したとしている。

大地震に誘発された噴火については次節で述べる。噴火に誘発された大地震としては，1910年7月24日，有珠山麓で，爆発前に M=6.5 の強震，また，1914年1月12日の桜島噴火に際して，同日午後6時半頃，鹿児島市付近で，M=6.1 の強震があった。これらの地震は，その規模からして，地震体積も大きく，$(17\,\mathrm{km})^3$ 以上となり，火山体に較べて過大であるので，火山性地震というよりは，“構造性地震”が誘発されたと考えられないこともない。上記の桜島噴火の地震については，既に KIZAWA[4] の議論があるが，更にいろいろな面からも興味ある地震である。

2. 大地震により誘発された噴火

ここでは噴火を広義に解して，火山活動全般を含めることとし，また，温泉活動も火山活動と相似する面もあるので，地震により誘発された温泉の変化については第4節で述べる。

大地震と噴火との誘発を関係づけるには，時間空間座標で考えるべきである。この座標において誘発の相互関係を認めるには，そのからくりを想定しなければならないが，大地震によって誘発された噴火の場合は，時間的に地震が噴火より遅れない。(一般に，これら大地震は，問題の火山地域では有感である。) しかし，地震発生に先立って地殻歪が蓄積され，これが噴火を誘発するとすれば，時間的に地震より噴火が先におこることもあり得るが，本報文では，この場合を除いて考える。その理由は，地震に先行して，地震によって誘発された噴火を識別するのが困難であるからである。地震と噴火との時間間隔は，地震発生から数えることは容易であるが，噴火を広義に解して火山活動 (火山性地震，脈動，鳴動の発生，噴気活動の激化，地温上昇をも含む) とすれば，その発生時の決定は，観測あるいは観察の精度に依存し，歴史的に変ってくる。すなわち古い資料では大噴火そのものだけの記述であるが，現在では無感の火山性地震や脈動の発生あるいはそれらの増加，噴気温度や地中温度の上昇をもっても火山活動の活発化とする場合があり得る。地震が噴火を誘発したとみなされる場合，その時間間隔は一般に短い：殆ど同時，数分後あるいは数後間後という例もある。上述のような広義の火山活動が励起され，これが発展して真の噴火になる例もある；この場合には，地震と噴火との時間間隔は数カ月あるいは1～2年に及ぶことになる。

空間的距離，すなわち，地震の影響範囲としては，震源域，余震域，更に各震度に対応し

3) 大森房吉；日本噴火志，下編，震災予防調査会報告，87号 (1918).

4) T. KIZAWA; A study of earthquakes in relation to volcanic activity (IV), Geophys. Papers dedicated to Prof. K. Sassa (1963), 187–198

た地域が考えられる。また，より一般に，地震の規模と震央距離とに対応して，地震に伴う永久歪の桁が経験的に見積られている——例えば WIDEMAN and MAJOR[5] のダイヤグラム——。これについては第5節でふれる。

地震により誘発された噴火に対する考察としては，BLOT[6] の論文がある。彼は日本付近の深発地震と火山噴火との関係をも論じている。彼によれば，300～700 km の深さにおこった震源から，エネルギーが1～2 km/day の速さで上昇して，ある火山に到達して噴火がおこっているとしている。例えば，1960年7月2日，41.5°N, 132.0°E (ウラジォストック沖)，深さ550 km でおこった地震からのエネルギーが関係して，1962年6月に十勝岳が噴火したとしている。この場合，関係ありとされている地震と噴火との空間距離は数100 km から1000 km，時間間隔は数カ月から2年に及んでいる。たとえ相互関係を統計的に吟味したとしても，地震のエネルギーが上述の速さで地球内部を伝播する機構は考え難いのではなかろうか。

3. 地震により誘発された噴火の例

地震の資料は宇佐美[7] の日本付近のおもな被害地震の表または「理科年表」により，火山噴火のそれは "Catalogue of Active Volcanoes" によった。

a) 北海道

1600年以降の北海道の主な火山の噴火年代と，同じ期間における地震規模 M≧6 のものを第1図に示す。地震は北海道および三陸沖に発生したものを，年代と緯度とで示してある。北海道の歴史が浅いので，1600年代および1700年代の資料は当然乏しいと考えられる。噴火活動の著しいものは，長い縦棒で示してある。

1) 雌阿寒岳 (43.4°N, 144.0°E, 1503 m a.s.l.)

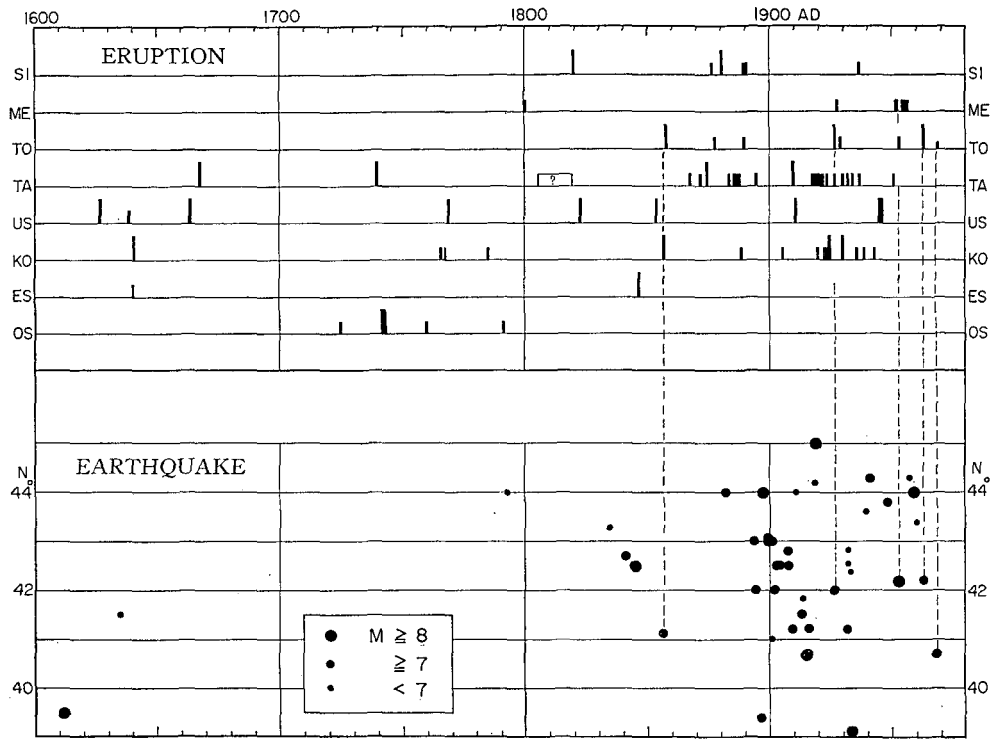
1952年3月4日の十勝沖地震 (42.2°N, 143.9°E, M=8.1)，震央から火山までの距離130 km。雌阿寒岳は1951年7月以来鳴動しており，同年9月を最盛として次第に弱まったが，12月下旬から1952年1月中旬にかけて再び活動した。しかし2月中は殆ど鳴動はなかった。山口・大野[6] によれば，3月4日の地震を機会に，火山性地震も発生し，約34時間の間，殆ど連続的に鳴動し，その後急減して平穏に帰した。これについて，山口・大野[8] は，次のように述べている：「今回の雌阿寒岳の鳴動現象は明らかに十勝沖地震の影響を受けたものであり，火山群地帯の地殻に与えた震動から，今まで蓄積されていたエネルギーの排出路を容易にしたため，一挙に今回の現象がおこされたものであろう。」

5) C. J. WIDEMAN and M. W. MAJOR; Strain steps associated with earthquakes, Bull. Seism. Soc. Amer., **57** (1967), 1429–1444.

6) C. BLOT; Relations entre les séismes profonds et les éruptions volcaniques au Japon, Bull. Volcanol., **28** (1966), 1–25.

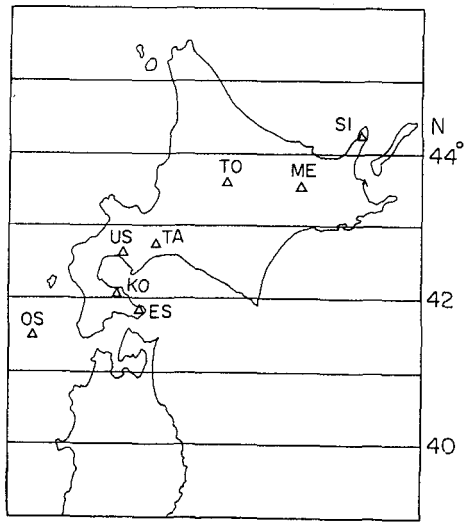
7) 宇佐美竜夫；日本付近のおもな被害地震の表，地震研究所彙報，**44** (1966), 1571–1622.

8) 山口富子・大野　譲；十勝沖地震による阿寒鳴動報告，十勝沖地震 (1952年3月4日) 調査報告，十勝沖地震調査委員会 (1954), 93–100.



第1図(a) 1600年以降の北海道の火山噴火と，その周辺におこった地震

Fig. 1 (a). Occurrences of volcanic eruptions in Hokkaido and earthquakes around Hokkaido since 1600 A.D. SI: Siretoko-Iwō-Zan, ME: Me-Akan, TO: Tokati, TA: Tarumai, US: Usu, KO: Komaga-Take, ES: Esan, OS: Osima-Ō-Sima



第1図(b) 北海道の活火山

Fig. 1 (b). Active volcanoes in Hokkaido

2) 十勝岳 (43.4°N, 142.7°E, 2077 m a.s.l.)

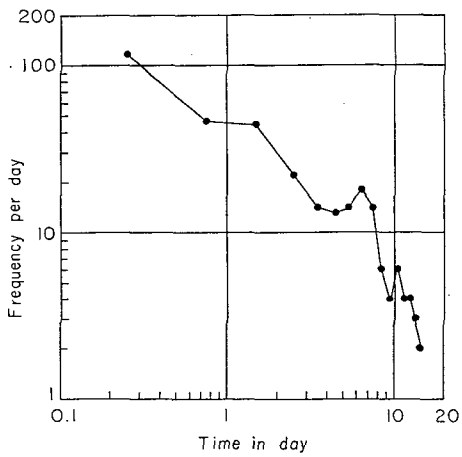
1856年8月23日の渡島の地震 (42.0°N, 141.1°E, M=6.9), 震央距離210 km。1857年5月に松浦武四郎によって，噴火が望見された。なお，1856年9月25日には駒ケ岳が噴火した。

1926年9月5日の十勝沖の地震 (42.0°N, 143.7°E, M=6.8), 震央距離180 km。十勝岳はこの地震より先に，同年5月24日に大噴火をし，泥流を生じて大災害を惹起した。その後次第に活動はおさまり，8月には火口の大部分の所に近づくことができた。しかし9月5日の地震の3日後に轟音を発して大爆発し，噴煙は山上より直立約4600 mに達した。爆発の際，火口付近にいた2人が遭難した。その後の噴火活

動 (1926年9月11日から1928年12月までの間) については，十勝岳爆発災害志 (昭和4年) に記載があるが，その中に次のような記述がある：「十勝岳は約3ヵ月の間隔をおいて可成猛烈な噴火爆発をしているが，大体昨1927年8月を最終として4回の周期を示しているが，最後に猛烈な鳴動を繰返えしたことは注意すべき現象であると思う。これらの噴火は皆多少気圧や月の盈満に関係あることも，他地方の地震が誘導したような形跡も考えられるが，大体は皮層の活動であることは否定できない事項である。」

1962年4月23日，広尾沖地震 (42.2°N, 143.9°E, M=7.0)，震央距離160 km。十勝岳ではこの地震以後急に噴気が盛んになった。5月31日には火山性の有感地震が5回あった。大正火口の硫黄採取所では，噴気孔の温度上昇，噴煙量の増加，煙道の火口の温度上昇，火口壁に亀裂を生じたが，ついに6月29日に大正火口は大噴火した (○↑†)。

1968年5月16日，十勝沖地震 (40.7°N, 143.7°E, M=7.8)，震央距離310 km。十勝岳における本震の震度はIVであった。旭川気象台十勝岳火山観測所の観測では，Pは09h49m40sで，この約2分後に震度IIの火山性地震がおこり，続いて群発した。10hまでに12回，10～11hに12回，11～12hに6回 (震度Iを含む) とおこり，同日中に合計60回に達した。これはその後急減し，7月には平穏になった。09h51mの火山性群発地震開始からの経過日数と，火山性地震の1日当たりの回数とを示すと，第2図のようになり，普通の余震数の減衰と同じような傾向を示す。十勝岳はその後同年12月に再び小地震が多発して，1969年3月には地震回数が1日当たり1000回を越したこともあり，3月下旬，4月および5月には有感地震もおこった。その後は次第におさまり同年夏には殆ど平常に戻った。



第2図　1968年十勝沖地震に誘発された十勝岳の火山性地震の日頻度 (気象庁の観測による)

Fig. 2. *Daily frequency of volcanic earthquakes at Tokati triggered by the 1968 Off Tokati Earthquake after the observation by the J.M.A.*

1968年十勝沖地震に際しては，北海道内の3火山すなわち，樽前 (震央距離280 km)，有珠 (310 km) および駒ケ岳 (290 km) でも，気象庁が十勝岳におけると殆ど同様な地震観測を実施していたが，これら3火山では全く異常を認めなかった。北海道南部の恵山については後で述べる。

3) 駒ケ岳　(42.1°N, 140.7°E, 1140 m a.s.l.)

1856年8月23日，渡島の地震 (42.0°N, 141.1°E, M=6.9)，震央距離35 km。同年9月25日に噴火している。なお，翌年5月に十勝岳の噴火が望見されたという記録がある。

4) 恵 山 (41.8°N, 141.2°E, 618 m a.s.l.)

恵山の噴火記録としては，1846年9月30日に噴火して泥流を東方に流出して，20～30戸を埋没して死者多数を出したと伝えられている。また現在でも火口には多数の噴気孔があり，その温度が300°Cに近いものもある。何らかの手違いによるものであろうか，この火山はCatalogue of Active Volcanoesに記載されていない。

1968年5月16日，十勝沖地震 (40.7°N, 143.7°E, M=7.8)，震央距離240 km。この地震直後の5月18日から6月22日まで，恵山の南方1 kmの地点で，西田・NAPOLEONE・横山[9]が地震観測を行なった。全期間中のペン・レコーダーによる連続モニター (3×10^{-3} kine/cm) の結果によれば，S-P時間5 sec.以下の地震は540回/月，その大部分は1 sec.以下であった。震源決定のできた地震は10ケであったが，その殆どが恵山の直下浅い所に求まった。この十勝沖地震直後の恵山の活動度と，その後のそれとを比較する目的で，西田泰典（未発表）は1970年9～10月に，同じ場所で一点観測を行なったが，その結果では，S-P時間はおよそ2～3 sec.で，地震回数は42回/月であった。すなわち，1968年十勝沖地震直後の恵山の活動度は，平常より非常に高かった可能性がある。

b) 本 州

1) 秋田駒ケ岳 (39.8°N, 140.7°E, 1637 m a.s.l.)

1970年9月14日の大船渡沖の地震 (38.9°N, 142.0°E, M=6.8)，震央距離140 kmo。この火山の主峯の1つである女岳（比高約200 m）の山頂の噴気活動が注目されたのは，1970年8月頃からであるが，この地震直後から噴気量が著しく増大して，9月18日に噴火 (○ ↑ ≈) が始まった。但し，東北大学理学部地震観測所が駒草荘付近でおこなった地震観測によれば，噴火前には地震は観測されなかった。

2) 富士山 (35.4°N, 138.7°E, 3776 m a.s.l.)

1707年10月28日（宝永4年），五畿七道の地震 (33.2°N, 135.9°E, M=8.4)，震央距離260 km。この年の12月16日に富士山の南東山腹（約2500 m a.s.l.）に噴火 (∞ ↑ ⊠) がおこり，宝永山を形成した。

3) 霧島山 (31.9°N, 130.9°E, 1700 m a.s.l.)

霧島火山群（新燃岳，中岳，高千穂峯など）の地震，噴火活動と日向灘あるいは加久藤の地震との関係については，既に水上[10]が次のように指摘している：「1901年1月から1968年4月にいたる808カ月間に，日向灘にM=7以上の地震が4回発生している。またこの期間中に，著しい群発地震が加久藤カルデラ内部に3回発生した。さらに霧島火山群中の活火山の高千穂峯および新燃岳に噴火活動，地震活動が4回発生した。これら3現象の発生の時間的関係が相

9) 西田泰典・G. NAPOLEONE・横山 泉；北海道南部の恵山は活火山ではなかろうか，火山，II, **13** (1968), 150, 講演要旨.

10) 水上 武；霧島火山群の地震，噴火活動と日向灘地震とは関係があるか？，火山，II, **13** (1968), 48, 講演要旨.

互に無関係であるとすれば，2現象および3現象が，偶然に3ヵ月以内に同時に発生することが偶然としては，その確率は非常に小さい。従って，これらの現象の発生に関して，何らかの関連性があると考える方がより適当であろう。」

1913年5月19日以降，真幸にて群発地震（震央距離25 km)。同年11月8日および12月9日に爆発（○ ↑ ?)，翌年1月8日に爆発（○ ↑ ?)。なお，1914年1月12日に桜島が大爆発（∞ ↑ ≈ ⊠ †）している。

1968年2月21日，えびの地震（32.0°N, 130.8°E, M＝6.1)，震央距離20 km。この前後に群発地震。同年3月には新燃岳の地震活動。

1968年4月1日，日向灘地震（32.3°N, 132.5°E, M＝7.5)，震央距離170 km。翌1969年3～12月に，中岳，高千穂峯に火山性地震，脈動が発生した。

1968年のえびの地震以降の現象について，MINAKAMI *et al.*[11] は次のように述べている：「加久藤カルデラに端を発した群発地震が霧島火山群の南東に時と共に活動が移行したことは注目され，霧島火山群の生成に関する構造と密接な関係をもつことを示すものであろうか，そのため同火山地域に貯えられる地殻の歪は地震となって発散する機巧に互に関係を持つのであろうか，等の問題が提起される。」

c) 南アメリカ・アンデス

1) 1835年2月20日チリ南部の Santiago, Conception，および Talcahuano の大地震に際して，東北に約1000 km 離れた Juan Fernandes 諸島の Isabela 島の火山（どの火山かの記録はない）が噴火した。また南方540 km の Minchimávida (42.8°S, 72.4°W, 2470 m a.s.l.) と南方570 km の Corcovado (43.2°S, 72.8°W, 2300 m a.s.l.) の2火山が激動と同時に爆発した。当時 Beagle 号でこの地を訪れていた DARWIN[12] は，この大地震と噴火とを経験して次のように述べている：「大地震と同時に Isabela 島の火山が噴火した事実は，この島は1751年の地震にも，Conception から等距離にあるどの場所よりもひどく揺れたことがあるので注目に値する。これは2つの地点の間になにか地下の連絡の存在を示すものと思われる。この一連の現象の間に結びついて示されている隆起力と噴出力との緊密な，また複雑な状態から，われわれはおもむろにたゆまず大陸を隆起させる力と，開いた火口からしばしば火山性の物質を放出する力とは，同一のものであることを確信をもって結論としたい。多くの理由によって，この海岸の線で大地がしばしば震動することは，陸地が隆起する時に，その張力のために必要な結果として地層が破断することと，また液化した岩石が地層の間に迸入することとに原因すると信ずる。」

9) T. MINAKAMI *et al.*; The Ebino Earthquake Swarm and the seismic activity in the Kirisima Volcanoes, in 1968～69, Part 4. Shifts of seismic activity from the Kakuto Caldera to Simmoe-dake, Naka-dake and Takatiho-mine, Bull. Earthq. Res. Inst., **48** (1970), 205–233.

10) C. DARWIN; Journal of Researches into the Natural History and Geology of the Countries Visited during the Voyage round the World of H. M. S. Beagle, 1839 (島地威雄訳，ビーグル号航海記，中巻，208–211，岩波書店).

2) **Puyehue volcano** (40.6°S, 72.1°W, 2240 m a.s.l.)

1960年5月21日，チリ地震 (38.0°S, 73.5°W, M=8.5), 22日にはわずか16分以内に，M=7.8, 8.3および8.3の3つの地震が続発した。震央距離約300 km。この48時間の後，5月24日に噴火 (○≈) が始まり，6月末まで続いた。この噴火について勝井[13]およびKATSUI and KATZ[14]の記述があるが，彼らは，この噴火はマグマ溜が大地震の影響を受け，活動を誘発されたと考えるのを妥当としている。

4. 地震により誘発された温泉の変化の例

一般に温泉は火山地域に多く，地球の熱エネルギー放出の一形態と見なされる。噴気，温泉の流出は，その規模は小さいかも知れないが，火山噴火に際しての噴気，溶岩の噴出のからくりとの相似が想像される。そこで参考までに，地震により誘発された温泉や泥丘の活動変化の例を次にまとめる。福富[15]は既に，地震前後に現われた温泉変化の例として，次を列挙している：外国の例として，

1828年 イタリアのIschia地震のとき，Rita温泉の温度が上昇した。

1855年 New Zealand地震のとき，Taupo温泉の温度が著しく上昇した。

1896年 Iceland地震のとき，大間歇泉の周期が短くなった。

1901年 Caucasusの Ekatherinenquelle間歇泉が，地震の1時間ないし30分前に，湧出量の著しい変化を示した。

わが国の例としては，

1899年 有馬温泉地方の鳴動に際して，その前後から温泉の温度が上昇した。

1923年9月1日 関東大地震に際して，熱海の間歇泉が地震の前日に活発化し，地震後数分にして急に噴出し10日間継続した。その他，熱海，湯ヶ原，伊豆山，伊東，箱根などの温泉の温度，湧出量が変化した。

1930年11月26日 北伊豆地震に際して，温泉変化と土地の隆起，沈降との間に相関が認められた。

1934年3月21日 南伊豆地震に際して，温泉の温度，湧出量の増加した部分と，減少した部分とが群をなした。

1935年7月11日 静岡地震に際して，河津鉱山坑内温泉の水位は，地震に先立つ約5日前から上昇して，地震と同時に急に降下を始めた。

そして福富は次のように指摘している：「地震による温泉の変化の分布が地域的に規則的に分布することは，これらの変化が単に局所的震動の影響ではなく，地殻のdivergenceの正負

13) 勝井義雄；アンデスの火山，地理，**13** (1968), 7-13.
14) Y. KATSUI and H. R. KATZ; Lateral fissure eruptions in the Southern Andes of Chile, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV, **13** (1967), 433-448.
15) 福富孝治；温泉の物理，科学文献抄，**12** (1936), 1-94, 岩波書店.

によるか，あるいは，地殻内部における火山活動の消長に原因するのではないか。地震時における湧出量の変化は，震動または地形変動によって湧出面積，地層の水に対する透過度，および地下水の水準面の傾斜などが変化したことによる。温泉の温度変化は湧出量の変化に起因する場合が多いとみなされるが，湧出量に無関係な温度変化も考えられる。例えば地震によって温泉の熱源の変化，火山地域の温泉の場合には，地下深所より上昇する Juvenile origin の変化であることも可能であり，また，断層運動に起因して摩擦熱などが二次的熱源となって温度上昇をきたす場合も考えられる。」

1952年3月4日十勝沖地震 (42.2°N, 143.9°E, M=8.1)

1) 登別温泉 (震央距離 220 km)　地獄谷から湧出する温泉熱量の変化は，1941年以来調べられてきたが，1951年5月頃から活発になり，1952年1月に最高頂となり，その後は次第に衰えて平穏となった。最盛期を少し過ぎた頃，十勝沖地震がおこっている。これについて福富[16]は次のように述べている：「たった1回の例で，地震と地獄谷の活動とを結びつけて考えることはできないが，十勝沖地震のような大地震では，その発生以前にかなり遠方まで微小ながら地殻変動をひきおこしたとも考えることも不可能ではない。」

2) 新冠泥丘 (震央距離 120 km)　北海道日高地方の新冠には大小8ヶの泥丘 (Mud cone) がある。これらはいわゆる火山作用そのものによって生じたものではなく，新冠油田をなす新冠背斜の軸頂部を通る断層上にのっていて，地層の弱点から，ガスが水を伴って地下から噴出するときにできたものである。十勝沖地震に際しての新冠泥丘の変動については佐々[17]の報告がある。地震動によって種々の割目を生じ，各丘とも現在の噴泥口から多少のガスおよび泥の逸出があった。なお1968年十勝沖地震に際しては何らの変動も認められなかった。

5. 誘発のからくりに対する考察

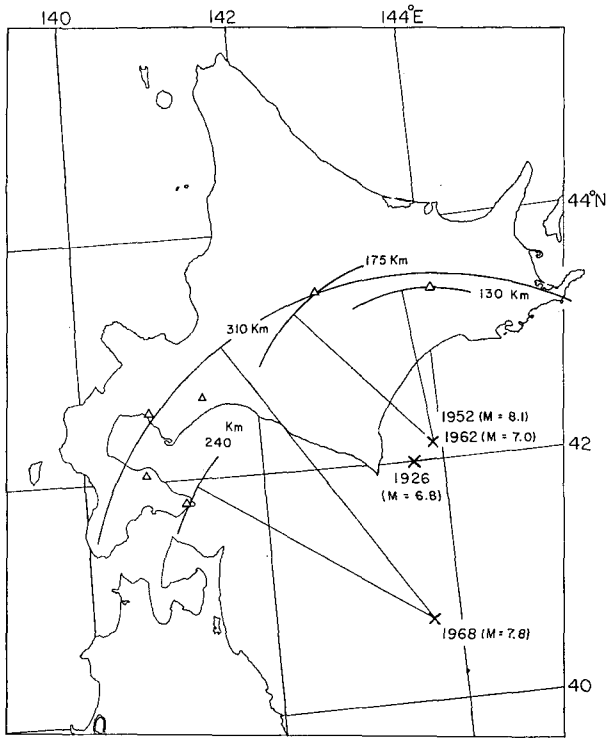
大地震によって誘発されたと思われる火山活動の多くの例から，一応，次のように考えられる：

大地震による永久歪が，大地震の発生と殆んど同時に，臨界状態にある火山の活動を誘発する。誘発された火山活動は次第に発展して，場合によっては，数日ないし数カ月後に噴火となる。

最近の北海道の諸火山の例について考える：第3図は，震央と火山との関係を示す。第4図は Wideman and Major[5] の永久歪と震央距離，地震規模との関係を示す。これによると，永久歪は 10^{-7} から 10^{-6} にわたっている。マグマ溜りを $2\,km^2 \times 5\,km$ ($=10\,km^3$) の円筒形と仮定しても，その体積変化は約 $10^4\,m^3$ に過ぎないので，これが火山活動の直接原因とは考え難い。

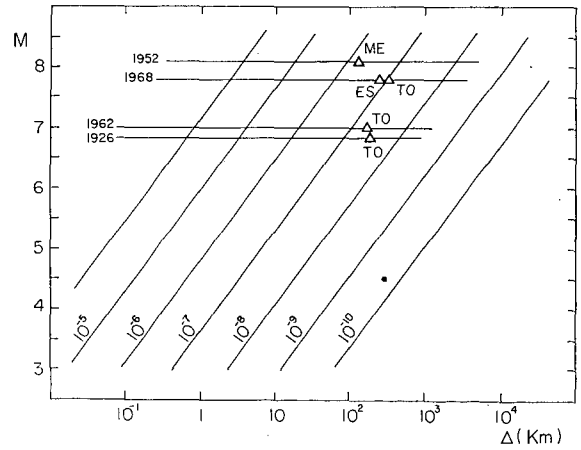
16) 福富孝治；登別温泉の地球物理学的研究の概要，温泉科学，**16** (1966), 51-59.

17) 佐々保雄；新冠泥火山とその十勝沖地震による変動，十勝沖地震 (1952年3月4日) 調査報告，十勝沖地震調査委員会 (1954), 243-259.



第3図 最近の北海道沖の大地震の震央

Fig. 3. Epicentres of the recent large earthquakes off Hokkaido.



第4図 永久歪と震央距離との関係
(WIDEWAN and MAJOR による)

Fig. 4. Diagram of residual strain and epicentral distances after WIDEMAN and MAJOR.

むしろ引金作用と考えざるを得ない。引金作用が有効であるためには，そのとき火山は噴火に対して臨界状態にあることが必要である。このことは，それぞれの火山のマグマの性質や地下構造によって決まるものであろう。第1図に示されるように，例えば，十勝岳の噴火は，大地震によって誘発された例が多い。すなわち，噴火活動を誘発され易い火山と，誘発され難い火山とがあるようである。

地震によって誘発された温泉変化の例について，既述のように，福富が特に指摘していることは，大地震の発生に先立って，かなり遠方まで微小な地殻変動が引き起こされたと考えられることである。これに対して，本報文では，地震によって誘発された火山活動としては，単に識別の便宜上，地震に先行しないということを条件とした。地震によって誘発された火山活動についての最近の器械観測の例 (1968年十勝岳) においては，大地震に遅れて，しかも殆んど同時に，火山活動が誘発されている。しかし，福富の指摘したことも充分考えられることであり，大地震の予知という観点からも重要なことである。今後，火山観測および温泉観測と同時に，地殻変動の連続観測を実施することにより，いろいろな観測資料を蓄積することが望まれる。

おわりに

本報文中の，地震により誘発された温泉の変化の例については，福富孝治教授の若かりし時の著書によると共に，また同教授から親しく有益な示唆を賜った。同教授に深甚なる敬意と謝意とを表します。

5. Volcanic Eruptions Triggered by Tectonic Earthquakes

By Izumi YOKOYAMA
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Hitherto several authors have pointed out the possible correlations between volcanic eruptions and tectonic earthquakes. In these cases, volcanic eruptions were recognized by eye and ear as explosions, steamings and rumblings. And the motives of such eruptions were attributed to crustal strains or deformations of the vents caused by the earthquakes and to propagation of some energies from the hypocentres. Recently highly sensitive seismometrical observations show that at some volcanoes, small (unfelt) volcanic shocks happen to increase at the same time with large earthquakes and sometimes these lead to eruptions after a few days or a few months. The author supposes that strain steps caused by the large earthquakes may be an origin of the triggers to the volcanic eruptions.

In this report, many examples of volcanic eruptions and anomalous changes at hot springs triggered by large tectonic earthquakes are reviewed to get an idea of their mechanisms.